

## 영상매칭을 위한 특성정보 추출

### Extraction of Characteristic Information for Image Matching

이동천<sup>1)</sup> · 염재홍<sup>2)</sup> · 김정우<sup>3)</sup> · 이용욱<sup>4)</sup>

Lee, Dong-Cheon · Yom, Jae-Hong · Kim, Jeong Woo · Lee, Young Wook

<sup>1)</sup> 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 교수(E-mail: dclee@sejong.ac.kr)

<sup>2)</sup> 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 교수(E-mail: jhyom@sejong.ac.kr)

<sup>3)</sup> 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 교수(E-mail: jwkim@sejong.ac.kr)

<sup>4)</sup> 대한측량협회 측량정보기술연구원 선임연구원(E-mail: ywlee@kasm.or.kr)

#### Abstract

Image matching is fundamental process in photogrammetry and computer vision to identify and to measure corresponding features on the multiple images. Uniqueness of the matching entities and robustness of the algorithm are the key issues that have influence on quality of the matching result. The optimal solution could be obtained by utilizing appropriate matching entities in the first place. In this study, candidate matching points were extracted by interest operator, and an area-based matching method was applied with characteristics of the gray value distribution as the matching entities. The characteristic information is based on the concept of "intrinsic image" (or parameter image). The information was utilized as additional and/or complementary matching entities. Matching on interest points with the characteristic information resulted in high quality of matching because matching windows were created with surrounding pixels of the interest points that contain distinct and unique features. The experiment shows that matching quality and reliability increase by exploiting interest operator, and the characteristic information has potential to be matching entity.

## 1. 서 론

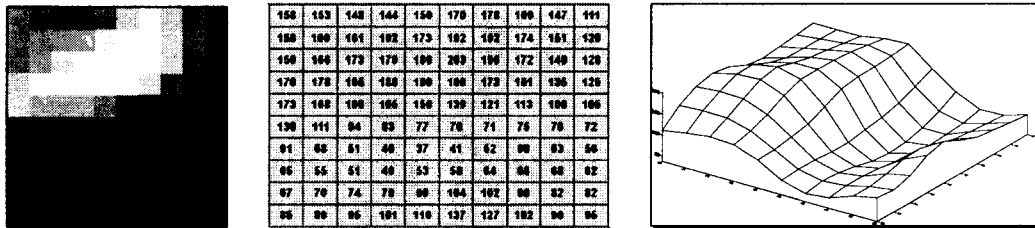
영상매칭은 사진측량에서 표정, 수치지형모델 생성과 고차원 영상처리에서 대상물 인식 등에 필수적인 과정이며, 사진측량의 자료처리 과정을 자동화하는데 요구되는 핵심기술은 영상매칭의 자동화와 함께 매칭의 효율성 및 신뢰도 향상에 있다. 이는 수치사진측량의 궁극적인 목표이며 고해상도 디지털영상, 고성능 컴퓨터와 영상처리 알고리즘 및 응용 소프트웨어 등의 개발로 그 가능성은 실현되고 있다. 현재 상업용 수치사진측량용 워크스테이션(digital photogrammetric workstation; DPW)은 부분적인 단계에서 자동화율과 신뢰성이 향상되고 있으며, 향후 알고리즘의 안정화와 더불어 미비점들이 개선되고, 하드웨어와 소프트웨어의 기술수준의 발전으로 DPW의 생산성이 향상되어지면, DPW의 중요성과 활용성에 대한 인지도는 점점 높아지게 될 것이다 (Hellwich 외, 1994; Heipke 외, 1997).

본 연구에서는 입체 항공영상에 특이점 산출 연산자(interest operator)를 적용하여 상호표정시 신뢰성이 높은 후보 공역점들을 추출하고, 영상 매칭요소(matching entity)로써 픽셀의 밝기값(gray value) 이외에 "본질영상"(intrinsic image) 개념에 기초하여 추출한 "특성정보"(characteristic information)를 활용하였다. 영상형성(image formation) 결과 각 픽셀 내에는 하나의 특정 밝기값을 가지게 되는데, 영상이 형성되는 과정에 영향을 주는 여러 가지 외부요소의 복합적인 작용에 의하여 각 픽셀의 밝기값이 결정되어지므로 픽셀의 밝기값은 고유한 값이 아니며 대상물에 대한 혼합정보를 포함한다. 추출된 특성정보를 매칭요소로 하여 영역기반 매칭방법(area-based matching)인 상호상관성 방법(cross-correlation method; CCM)를 적용한 매칭결과와 밝기값을 매칭요소로한 일반적인 방법과 비교분석 하였다.

## 2. 본질영상의 개념과 매칭 가능점 추출

### 2.1 본질영상(Intrinsic image)과 영상형성(Image formation)

디지털영상은 행과 열로 이루어진 매트릭스 형태로 구성되어 있으며 매트릭스의 요소인 행과 열은 픽셀로 지정되며, 지표면 및 대상물로부터 반사/방사되는 빛에너지(또는 EMR; electro-magnetic radiation energy)의 반사율을 나타내는 albedo)가 아날로그-디지털 변환(A/D conversion) 과정을 통하여 각 픽셀에 특정 밝기값으로 할당되어진다. 그림 1은 디지털영상의 다양한 표현을 보여주고 있다.



(가) 디지털 영상 (나) 수치로 표시한 밝기값 (다) 밝기값 분포의 3차원 가시화  
그림 1. 디지털 영상의 밝기값 표현

영상이 형성되는 과정은 복합적인 외부요소의 영향을 받게된다. 광학센서인 사진기로 대상물을 촬영할 경우, 영상형성 과정에 관계되는 주된 요소는 광원의 광도를 나타내는 조명(illumination), 지형지물의 표면과 광원으로부터 전달되는 EMR과의 물리적인 상호작용인 반사율(reflectance), 반사 또는 방사를 일으키는 표면과 광원 및 사진기의 상대적인 기하관계를 나타내는 표면의 경사와 방향(surface orientation), 그리고 지표면 또는 대상물과 사진기간의 거리(depth 또는 range)이다. 그림 2는 본질영상의 요소와 영상 형성과정을 설명하고 있다. 이 요소들이 본질영상을 구성하는 요소가 되며 본질영상을 요소영상(parameter image)이라고도 한다(Ballard 외, 1982; Saphiro 외, 2001). 그러나 최종적으로 필름이나 CCD에 형성된 영상은 영상 형성과정에 영향을 주는 모든 요소의 작용이 혼합되어서 각 요소의 영향정도를 정량적으로 구분할 수 없는 특정 밝기값으로만 표현된 혼합정보(mixed information)를 내포하고 있다. 그러므로 본질영상은 영상매칭, 지형재현, 대상물 인식 등 해를 구하기 어려운 문제(ill-posed problem)를 해결하는데 필요한 정보를 포함하고 있다.

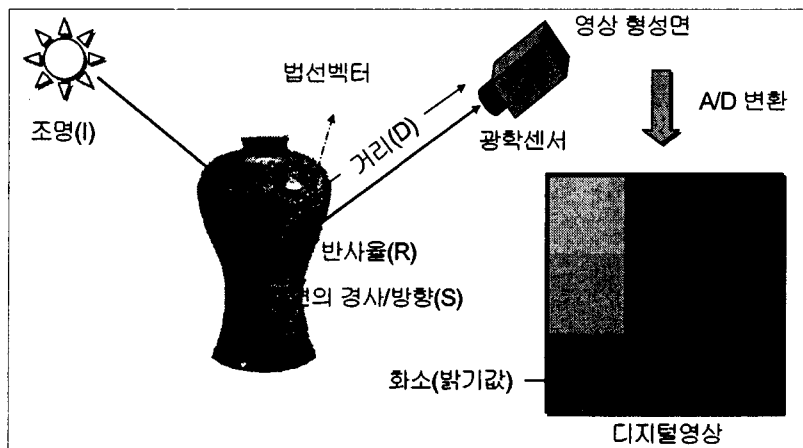


그림 2. 본질영상의 요소와 영상형성

영상의 밝기정보의 분포 자체는 실제지형의 기복 및 형태와는 직접적인 상관관계는 없다. 즉 밝기값은 지형의 표고값과 비례관계는 없지만, 지형의 특성을 나타내는 경사 및 경사의 방향(surface

orientation), 반사도(reflectance), 표고(depth) 등은 영상형성시 밝기값 결정의 주요 요소들이다. 그러므로 밝기값을 지형의 표고처럼 간주하여 밝기값에 대한 DSM(digital surface model)를 형성하고(그림 3), 본질영상의 개념을 기본으로 하여 밝기분포로부터 다음과 같은 요소를 추출하여 밝기정보와 더불어 영상매칭 요소로 적용하여 매칭결과를 비교 분석하였다 (Burrough, 1988).

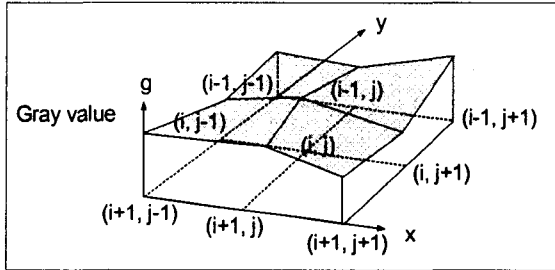


그림 3. 영상의 밝기값으로 형성된 DSM

$$- \text{경사: } S = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{\Delta g_x^2 + \Delta g_y^2} \right] \quad (1)$$

$$- \text{주향(경사의 방향): } \alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta g_x}{\Delta g_y} \right) \quad (2)$$

$$- \text{반사도: } R = \frac{(X_s S_x + Y_s S_y + r)}{\sqrt{(1 + S_x^2 + S_y^2)(1 + X_s^2 + Y_s^2)}} \quad (3)$$

반사도는 음영기복 알고리즘을 적용하여 구하였다(Horn, 1986). 여기서  $X_s = r \cos(E_s) \cos(A_s)$ ,  $Y_s = r \cos(E_s) \sin(A_s)$ ,  $Z_s = -r$ .  $E_s$ : 태양의 고도각,  $A_s$ : 태양의 방위각,  $S_x$ : x방향의 경사,  $S_y$ : y방향의 경사.

## 2.2 매칭 가능점(Interest point) 추출방법

영상매칭을 위한 공액점 또는 공액요소(matching feature)는 식별이 용이하고 위치 및 회전에 대하여 불변해야하며, 주위의 지역과 비교하여 고유하고 충분한 정보를 포함하고 있어야 한다(Konrad 외, 2000; Mikhail 외, 2001; Schenk, 1999; Strat, 1986). 본 연구에서는 Harris operator를 적용하여 매칭 가능 후보점을 추출하였다 (Harris 외, 1988; Haralick 외, 1993).

$$M = \begin{vmatrix} \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial x} \right)^2 & \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial y} \right) \\ \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial y} \right) & \left( \frac{\partial g(i,j)}{\partial y} \right)^2 \end{vmatrix} \quad (4)$$

여기서  $g(i,j)$ : 각 픽셀의 밝기값,  $\partial g(i,j)/\partial x$ : 밝기값의 x 성분에 대한 편미분,  $\partial g(i,j)/\partial y$ : 밝기값의 y 성분에 대한 편미분 이며,

$$R = \det(M) - k \cdot [\text{trace}(M)]^2 \quad (5)$$

여기서 k: 일반적으로 0.04~0.06 범위의 값이며, 다음 조건을 만족하면 매칭 가능점으로 결정된다.

$$g(i,j) \geq T R_{max} \quad (6)$$

여기서 T는 실험적인 임계값 (예,  $T = 0.1$ ). 가중평균으로 픽셀이하의 정밀도(sub-pixel accuracy)로 매칭 가능점을 추출할 수 있다.

$$x = \frac{\sum R_{ij} x_i}{\sum R_{ij}}, \quad y = \frac{\sum R_{ij} y_i}{\sum R_{ij}} \quad (7)$$

## 2.3 영상매칭

추출된 매칭 가능점에서 매칭요소(밝기값, 밝기값의 경사 및 주향, 밝기값의 반사도)에 대해서 영역기반 매칭인 CCM을 수행하였다. 매칭의 정도를 나타내는 상호상관계수(cross-correlation coefficient;

CCC)는 다음과 같이 계산된다.

$$\rho = \frac{\sigma_{LR}}{\sigma_L \sigma_R} \quad (8)$$

여기서  $\sigma_{LR}$ : 매칭영역에서 좌우 매칭요소의 공분산,  $\sigma_L$ : 매칭영역에서 좌 매칭요소의 표준편차,  $\sigma_R$ : 매칭영역에서 우 매칭요소의 표준편차이다. 매칭된 공액점을 결정하기 위하여 매칭요소들에 대하여 CCC를 비교 분석하였다.

### 3. 결과 및 분석

입체 항공영상에서 주택지 일부를 선택하여 매칭요소와 매칭 가능점을 추출하였다 (그림 4와 그림 5).


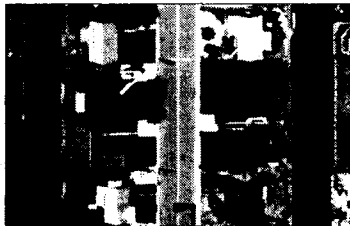
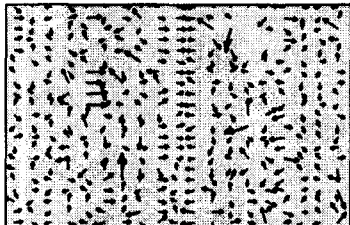
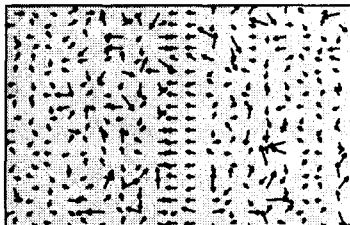
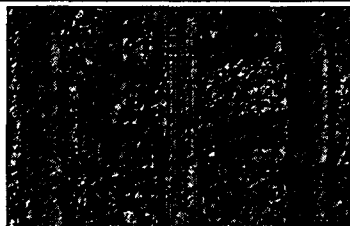
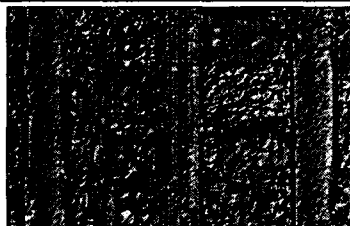
매칭요소	왼쪽 영상	오른쪽 영상
밝기값		
경사, 주향		
반사도		

그림 4. 매칭요소 추출

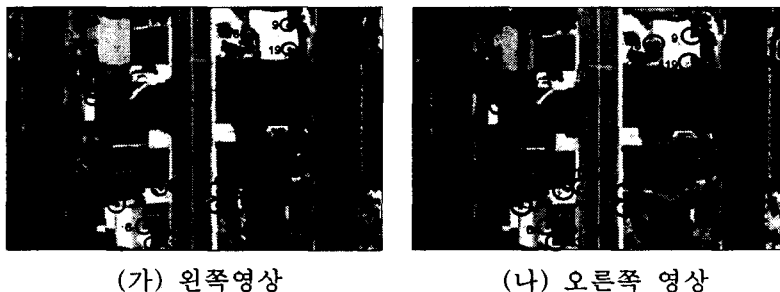


그림 5. 매칭 가능 후보점 추출 (영역크기: 3x3, k=0.04, T=0.1)

표 1에 매칭점, 공액점, 상호상관계수 등 매칭결과가 요약되어 있다. 또한 그림 6에서 매칭점에서의 매칭요소에 대한 상호상관계수를 그래프로 표시하고 있다.

표 1. 매칭결과 (공액점에서의 CCC, 최대 CCC의 영상좌표)

ID	영상좌표	매칭요소							
		받기값		경사		순환		반사도	
		Conj. p	Max. p coords	Conj. p	Max. p coords	Conj. p	Max. p coords	Conj. p	Max. p coords
1	(76,121)	0.91	0.91 (76,121)	0.95	0.95 (76,121)	0.53	0.98 (83,121)	0.91	0.91 (76,121)
2	(61,104)	0.83	0.88 (66,101)	0.43	0.95 (60,105)	0.98	0.98 (61,104)	0.93	0.93 (61,104)
3	(65,76)	0.86	0.87 (65,75)	0.71	0.71 (65,75)	0.92	0.94 (62,73)	0.95	0.95 (65,76)
4	(54,56)	0.82	0.82 (54,56)	-0.07	0.83 (57,52)	0.99	0.99 (54,56)	0.93	0.93 (54,56)
5	(78,31)	0.98	0.98 (78,31)	0.70	0.70 (78,31)	0.97	0.97 (78,31)	0.83	0.83 (78,31)
6	(97,16)	0.94	0.94 (97,16)	0.35	0.76 (101,15)	0.23	0.94 (98,17)	0.95	0.95 (97,16)
7	(152,40)	0.99	0.99 (152,40)	0.97	0.97 (152,40)	0.97	0.98 (148,38)	0.99	0.99 (152,40)
8	(152,30)	0.99	0.99 (152,30)	0.97	0.97 (152,30)	0.99	0.99 (152,30)	0.99	0.99 (152,30)
9	(199,152)	0.96	0.96 (199,152)	0.93	0.97 (199,156)	0.87	0.87 (199,152)	0.85	0.85 (199,152)
10	(216,81)	0.83	0.89 (215,81)	0.72	0.80 (218,79)	0.96	0.96 (216,81)	0.94	0.94 (216,81)
11	(12,98)	0.98	0.98 (12,98)	0.96	0.96 (12,98)	0.28	0.81 (17,103)	0.82	0.82 (12,98)
12	(43,58)	0.60	0.94 (42,58)	0.82	0.82 (43,58)	0.94	0.96 (37,59)	0.95	0.98 (42,58)
13	(102,3)	0.91	0.92 (102,5)	0.34	0.78 (102,6)	0.19	0.84 (101,5)	0.46	0.93 (101,5)
14	(110,42)	0.90	0.90 (110,42)	0.63	0.88 (108,43)	0.70	0.96 (111,42)	0.62	0.82 (111,42)
15	(119,44)	0.90	0.90 (119,44)	0.58	0.84 (118,42)	0.24	0.86 (114,45)	0.85	0.92 (119,45)
16	(164,40)	0.72	0.97 (165,40)	0.41	0.87 (162,44)	0.81	0.89 (165,40)	0.79	0.89 (165,40)
17	(195,39)	0.53	0.61 (195,37)	0.53	0.81 (194,43)	0.62	0.82 (195,37)	0.79	0.93 (195,41)
18	(173,146)	0.92	0.92 (173,146)	0.64	0.73 (179,145)	0.26	0.95 (172,146)	0.98	0.98 (173,146)
19	(200,136)	0.98	0.98 (200,136)	0.93	0.93 (200,136)	0.99	0.99 (200,136)	0.99	0.99 (200,136)
20	(254,133)	0.93	0.93 (254,133)	0.94	0.94 (254,134)	0.99	0.99 (254,134)	0.98	0.98 (254,134)

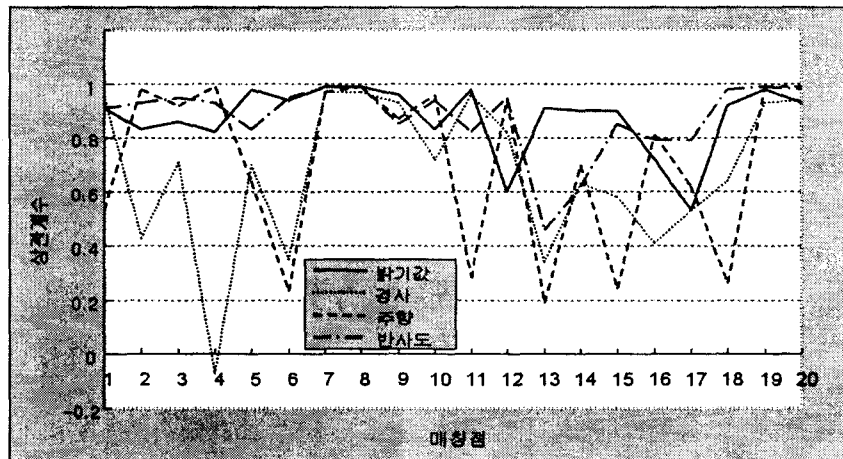


그림 6. 매칭점에서의 매칭요소별 상호상관계수

## 4. 결 론

대부분의 매칭점에서의 상관계수가 높게 나타났는데, 이는 매칭 가능 후보점이 고유하고 특징적인 정보를 포함하고 있기 때문이다. 그러므로 신뢰성이 높은 매칭 후보점의 추출은 매칭결과에 향상에 기여한다. 본질영상 개념에 입각하여 추출된 특성정보는 매칭요소로서 밝기값 자체만 사용하는 것보다 매칭결과를 향상시킬 수 있는 가능성이 높으며, 이런 특성정보는 하나의 요소에 의한 매칭에 상호 보완적인 역할과 더불어 매칭 결과에 대한 분석 및 신뢰성 판단에 필요한 정보를 제공할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업(과제번호: M10302000063-03J0000-032)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드린다.

## 참고문헌

- Ballard, D. and Brown, C. (1982), *Computer Vision*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 7-114.
- Burrough, P. (1988), Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford, pp. 49-56.
- Haralick, R. and Shapiro, L. (1993), *Computer and Robot Vision - Volume II*, Addison-Wesley, Reading, MA, pp. 289-378.
- Harris, C. and Stephens, M. (1988), "A Combined Corner and Edge Detector", *4th Alvey Vision Conference*, pp.147-151
- Heipke, C. (1997), Automatic Image Orientation, *Special Issue of ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 52, No. 3.
- Hellwich, O., Heipke, C., Tang, L., Ebner, H. and Mayr, W. (1994), Experiences with Automatic Relative Orientation, *International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 30, Part 3/1, Munich, Germany, pp. 370-378.
- Horn, B. (1986), *Robot Vision*, The MIT Press, New York, NY, pp. 202-242.
- Konrad, J. and Lan, Z. (2000), Density Disparity Estimation from Feature Correspondences, *Proc. IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging Stereoscopic Displays and Virtual Reality System*, San Jose, CA, pp. 23-28.
- Mikhail, E., Bethel, J. and McGlone, J. (2001), *Introduction to Modern Photogrammetry*, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 152-202.
- Saphiro, L. and Stockman, G. (2001), *Computer Vision*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, pp. 256-376.
- Schenk, T. (1999), *Digital Photogrammetry - Volume I*, TerraScience, Columbus, OH, pp. 231-299.
- Strat, T. and Fischler, M. (1986), One-eyed Stereo: A General Approach to Modeling Scene Geometry, *IEEE-PAMI*, Vol. 8, No. 6, pp. 730-741.